

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003133590 A**

(43) Date of publication of application: **09.05.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00**  
**H01M 14/00**

(21) Application number: **2001327067**

(22) Date of filing: **25.10.01**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor: **FUJETA MAYUKO**  
**HATA TOSHIO**  
**TATSUMI MASAKI**  
**KIMURA HIROAKI**

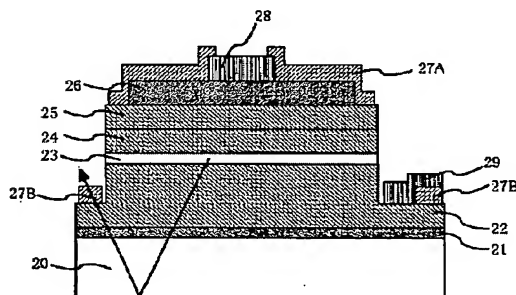
**(54) GALLIUM NITRIDE BASED COMPOUND  
SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT  
AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that light reflected from a substrate is interrupted by a peripheral edge electrode and does not go outside an element in a conventional gallium nitride based compound semiconductor light emitting element having the peripheral edge electrode.

**SOLUTION:** In the light emitting element having two electrodes for an n type and for a p type on the same one surface side, a transparent conductive film is utilized as a transparent electrode for the n type.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133590

(P2003-133590A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームト\* (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

E 5 F 0 4 1

H 0 1 M 14/00

H 0 1 M 14/00

C 5 H 0 3 2

P

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-327067 (P2001-327067)

(22) 出願日 平成13年10月25日 (2001. 10. 25)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 筆田 麻祐子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 幡 俊雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100102277

弁理士 佐々木 晴康 (外 2 名)

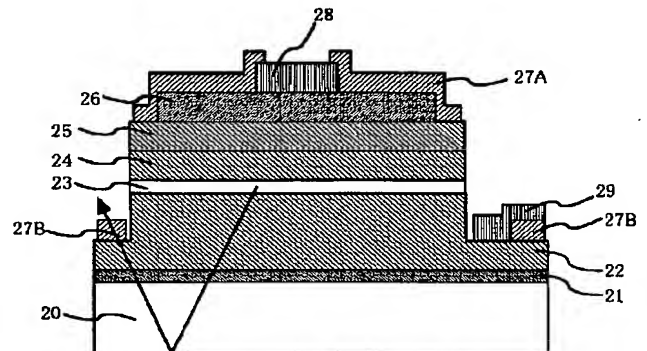
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の周縁電極を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子では、基板から反射されてきた光は周縁電極に遮られて、素子外部に出て行かない。

【解決手段】 同一面側に n 型用と p 型用の両電極を有する発光素子において、透明導電膜を n 型用透明電極として利用したことを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に少なくとも第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層、窒化ガリウム系化合物半導体発光層、第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層が積層されている窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と同一表面側に露出させた第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に、第 1 導電型用電極として透明導電膜が第 2 導電型用電極の周囲に形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面には金属薄膜による透光性電極が形成されており、該透光性電極上に透明導電膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面上には透光性電極とパッド電極が形成されており、該パッド電極上の一部とその側面、該透光性電極上、その側面および該透光性電極に近接した第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の一部に連続的に覆われた透明導電膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 前記第 2 導電型用パッド電極が、周囲に形成された第 1 導電型層上の電極からほぼ等距離の位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】 前記第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成された透光性電極は、少なくとも Pd (パラジウム) を含む金属または合金から成る単層または積層された金属薄膜から成ることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】 前記透明導電膜の厚さ  $t$  は  $0.1 \mu\text{m} \leq t \leq 3.0 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】 前記透光性電極に近接した第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の一部に連続的に形成された透明導電膜が、該第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面を覆う領域幅  $W$  は、 $5 \mu\text{m} \leq W$ 、であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 8】 前記第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上にはボンディング用のパッド電極が形成されており、該パッド電極は、第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と非オーミック性接触であり、例えば、Pd/Au、Ni/Au、Pt/Au 等から形成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 9】 前記第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜は露出された第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層側面と接触していることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 10】 前記第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜は前記発光層よりも低い位置に形成されていることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれかに記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

10 【請求項 11】 前記窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、基板上に少なくとも第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層、窒化ガリウム系化合物半導体発光層、第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層を積層させた後、前記第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層を露出させ、その後、透明導電膜を形成することにより、前記第 1 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜と前記第 2 導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜を同時に形成することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

## 20 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、青色領域から紫外光領域で発光可能な窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に係わり、特に窒化ガリウム系化合物半導体層を発光透光面とする発光素子の電極構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 13 に従来の発光素子構造を示す。15 は n 型半導体層である。対角線上にワイヤーボンドするための p 電極 17 と n 電極 16 を配置し、n 電極 16 には周縁電極 19 を接続し、p 電極 17 には透明電極 18 を接続している。周縁電極 19 は、四角い発光素子の外周縁に設けられ、透明電極 18 は、この周縁電極 19 の内側に配設されている窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が例えば特開平 10-163531 号公報に開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 発光素子においては、活性層から発生した光は素子内部で基板側にも放射され、基板で反射した後に素子外部へと放射されていく。しかしながら、上記従来の技術の発光素子においては、p 型電極と同一面側の周囲に n 型電極が形成されているため、基板側から反射された光は素子外部に放射される際に前記 n 型電極により遮られることになる。このため、発光素子から放射される全光出力を低下させているという問題がある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記問題点を鑑み成されたもので、同一面側に n 型用と p 型用の両電極を有する発光素子において、透明導電膜を n 型用透明電極として利用したことを特徴としている。

【0005】本発明は非導電性基板の発光素子において、片面にp型用とn型用の両電極を有する場合や、導電性基板であっても、絶縁層や高抵抗な層により、上下で電極をとることが困難で、片面に両電極を形成する場合に適用できる。

【0006】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、第2導電型用電極と同一面上の周囲に形成された第1導電型用周縁電極を有する発光素子において、前記第1導電型用周縁電極が、発生光に対して透明で導電性を有する透明導電膜からなり、かつ前記第2導電型用電極と同一面上の周囲に形成されたことを特徴としている。なお、本願の周縁電極とは必ずしも全周である必要はなく、一部欠けた部分がある場合も含む。

【0007】本発明の第1導電型用周縁電極によれば発生光が基板側に放射され基板側にて反射された放射光は、透明である前記第1導電型用周縁電極を透過し外部へ放射される。例えば、図1の矢印で示すように、発光層から基板側に放射された光は基板裏面で反射され、素子の表面側に戻るが、周縁電極が金属厚膜のように不透明であれば、周縁電極により光が遮られ外部量子効率が低下するが、周縁電極を透明導電膜にすることにより基盤裏面で反射された光を遮ることなく外部へ取り出すことができ、外部量子効率が向上する。

【0008】また、Si基板を用いた場合は、Si基板は青色光に対して不透明であるが、Si基板とGaN層の界面で一部反射され、素子の表面側に戻るため、透明導電膜を用いることにより上記と同様な効果が得られる。また、Si基板を用いた場合は、基板による光の吸収を防ぐために、DBR層を形成した図11のような構造が考えられるが、この場合は、図11の矢印で示すように、発光層から基板側に放射された光はDBR層で反射され、素子の表面側に戻るが、周縁電極を透明導電膜にすることにより、DBR層で反射された光を遮ることなく外部へ取り出すことができ、外部量子効率が向上する。

【0009】このように、第1導電型用周縁電極に透明導電膜を用いることにより、本発明の発光素子の外部発光効率が向上することになる。さらに、前記透明導電膜とは紫外光から可視光領域において透過率が高く導電性を有しているものであり、透明導電膜の材料としては、亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)、ガリウム(Ga)、鉛(Pb)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物よりなる。

【0010】酸化物を含む透明導電膜には数々の種類があるが、特に好ましくは、ZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO(InとSnの酸化物)、MgO等で抵抗の低い透明導電膜を形成することが望ましい。透明導電膜の形成には、蒸着法、スパッタ法、CVD法等を用いて形成する。

【0011】本発明の第2導電型層の周囲に形成された第1導電型層上の周縁電極の幅は5μmから100μmの範囲が好ましい。前記幅が5μmより小さいと形成が困難となり、前記幅が100μmより大きいと電極面積が大きくなり発生光を低減させ、さらに前記電極面積が大きいと1チップ自体の面積が大きくなり生産性がよくない。このために、前記第1導電型層上の周縁電極の幅は5μmから100μmの範囲が好ましい。電極の幅は一樣ではなく、前記電極の幅は、前記範囲内であれば、幅の広いところと狭いところが混在してもよいことはいまでもない。

【0012】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層には金属薄膜による透光性電極が形成されており、該透光性電極上に透明導電膜が形成されていることを特徴とする。透明導電膜は紫～緑色波長域での透過率が良く、低抵抗であるため、金属薄膜上に形成することにより、電流広がり領域が形成されるため、外部量子効率が良いで、低駆動電圧の発光素子が作製できる。

【0013】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面上には透光性電極とパッド電極が形成されており、該パッド電極上の一部とその側面、該透光性電極上、その側面および該透光性電極に近接した第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の一部に連続的に覆われた透明導電膜が形成されていることを特徴とする。前記発光素子において、パッド電極から透光性電極上とその側面および透光性電極に近接した第2導電型層表面の一部にかけて、連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気に晒されることがないため、大気と透光性電極の反応が原因と考えられる劣化が無くなり、素子の信頼性が向上する。透光性電極表面を保護するためには透光性の誘電体絶縁膜を付加することも考えられるが、この誘電体絶縁膜の膜質は、透明導電膜の膜質に比較してピンホール等の個数が1000倍も多いいために十分な保護膜とはならないために、透光性電極の保護用としては、透明導電膜を用いるのが好ましい。また、透明導電膜は電流拡散層としても働くため、素子の駆動電圧を下げられるため、素子の特性を向上させることができる。

【0014】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第2導電型用パッド電極が周囲に形成された第1導電型層上の周縁電極からほぼ等距離の位置に配置されていることを特徴とする。これにより、電流拡散が一樣になるため、電流集中が起らず、発光パターンも一樣であり、素子の信頼性も向上する。

【0015】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面に形成された透光性電極が、少なくともPd(パラジウム)を含む金属または合金から成る単層または積

層された金属薄膜から成ることを特徴とする。第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の透光性電極がPdを含むことにより良好なオーミック特性が得られ、低駆動電圧の発光素子が作製できる。前記透光性電極の膜厚は20Åから200Åの範囲が好ましい。前記膜厚が20Åよりも薄いと、良好なオーミック接触が得られず、素子の駆動電圧が大きくなってしまい、前記膜厚が200Åよりも厚いと光の透過率が低下してしまい、素子の外部量子効率が低下してしまう。このために、前記透光性電極の膜厚は20Åから200Åの範囲が好ましい。

【0016】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記透明導電膜の厚さ $t$ が $0.1\mu\text{m} \leq t \leq 30\mu\text{m}$ であることを特徴とする。ここで、周縁電極の一部欠損による断線などを防ぐには、透明導電膜の厚さ $t$ は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上が好ましく、また、透光性電極の側面を十分に保護するためには $0.1\mu\text{m}$ 以上が好ましい。さらに透過率を低下させないためには透明導電膜の厚さ $t$ は $30\mu\text{m}$ 以下が好ましい。透明導電膜の膜厚を $0.1\mu\text{m}$ 以下にすると、周縁電極が一部欠損して、断線などが生じ、素子の製造歩留まりが低下する。また、透明導電膜の膜厚が $0.1\mu\text{m}$ 以下になると、シート抵抗が大きくなり、第2導電型用電極の電流拡散層として用いた場合に素子の駆動電圧が上昇してしまう。また、透明導電膜の膜厚を $30\mu\text{m}$ 以上にすると透明導電膜内での光の吸収が大きくなり、結果として電極での光の透過率が低下してしまう。よって、透明導電膜の膜厚は $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $30\mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。

【0017】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記透光性電極に近接した第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の一部に連続的に形成された透明導電膜が、該第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面を覆う領域幅 $W$ は、 $5\mu\text{m} \leq W$ 、であることを特徴とする。前記領域幅 $W$ の範囲は、大気との反応が原因と考えられるPd劣化の発生領域を見てみると $5\mu\text{m}$ 以下の領域で発生しているために、少なくとも前記領域幅 $W$ は $5\mu\text{m}$ 以上あれば、好ましい。このためPdと大気との反応に関与した劣化がなくなる。

【0018】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上に形成されたパッド電極は、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と非オーミック性接触であり、例えば、Pd/Au、Ni/Au、Pt/Au等から形成されていることを特徴とする。ここで、前記パッド電極は、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層に対して、非オーミック接触であるために、前記パッド電極下から第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層に電流が注入されない。そのため、前記パッド電極と第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透光性電極の最短距

離部分に電流が集中せず、前記透光性電極と第2導電型層の周囲に形成された第1導電型用の周縁電極との間に均一に電流が流れ、より均一な発光パターンが得られることにより、信頼性が向上する。

【0019】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜は露出された第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層側面と接触していることを特徴とする。前記透明導電膜を第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層側面に接触させることにより、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層での横方向の抵抗を減少させることができ、よって素子の駆動電圧を低下させることができる。

【0020】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子は、前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜は前記発光層よりも低い位置に形成されていることを特徴とする。前記透明導電膜は前記発光層よりも低い位置に形成されていることにより、発光層から横方向に放射される光を遮ることがなく、外部量子効率をさらに向上させることができる。

【0021】さらに、本発明の窒化ガリウム系半導体発光素子の製造方法は、前記窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、基板上に少なくとも第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層、窒化ガリウム系化合物半導体発光層、第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層を積層させた後、前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層を露出させ、その後、透明導電膜を形成することにより、前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜と前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜を同時に形成することを特徴とする。前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜と前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透明導電膜を同時に形成することにより、第1導電型用電極形成と第2導電型用透光性電極の保護膜および電流拡散層形成が一度にでき、製造工程を簡略化することができる。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】本発明を具体的な実施例に基づいて詳細に説明する。なお、本願明細書において、窒化ガリウム系半導体とは、例えば、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ ) も含むものとする。

【0023】(実施例1)図1は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、20はサファイア基板、21はバッファ層、22はn型半導体層、23は発光層、24はp型クラッド層、25はp型コンタクト層、26は透光性電極、27A、27Bは透明導電膜、28はp型用パッド電極、29はn型用パッド電極である。

【0024】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。

【0025】サファイア基板20上に、バッファ層21

を形成し、その上にシリコンドープのGaNから成るn型半導体層22を形成する。そして、このn型半導体層22の上にGaNから成るバリア層と、InGaNから成る井戸層で構成された多重量子井戸の発光層23を積層形成する。発光層23の上にはMgドープAlGaNから成るp型クラッド層24を形成する。p型クラッド層の上にはMgドープGaNから成るp型コンタクト層25を順次積層する。p型コンタクト層25上に金属薄膜から成る透光性電極26として、Pdを2nmの膜厚で蒸着する。p型用パッド電極28としてAu500nm/Pd15nmをメタルマスクを用いて蒸着により形成する。

【0026】次に、発光領域を形成するためにフォトリソを塗布し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分の透光性電極を塩酸系のエッチング液で除去することにより発光パターンを形成する。レジストをドライエッチング用のマスクとして用い、ドライエッチング法（ここではRIE：反応性イオンエッチングを用いた）によりn型半導体層22表面が露出するまでエッチングを行う。

【0027】次に、全面に透明導電膜27としてITOをスパッタ法により基板温度250℃で0.1μm厚形成する。この透明導電膜をフォトリソエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによってp型用パッド電極上に窓部を開けAu表面を露出させると共に、透光性電極26上の透明導電膜27Aとn型用周縁電極としての透明導電膜27Bを形成する。透明導電膜27Aの形成領域は、前記透光性電極26の表面上のみならず、側面さらには透光性電極26が形成されていないp型コンタクト層25表面上にも透光性電極26の側面から幅約5μmを覆うように連続的に形成する。n型用周縁電極としての透明導電膜27Bはp型層の周囲に幅10μmで形成する。次に、非オーミック性n型用パッド電極29としてAu(500nm)/Pd(15nm)を蒸着により形成する。

【0028】次に、基板を研削、研磨により約100μmの厚さにして、350μm□に分割し、p型用パッド電極28及び、n型用パッド電極29にAuワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図ではAuワイヤーは省略してある。

【0029】図2は、このようにして作製した発光素子をp層の電極側から見た模式的平面図である。

【0030】ここで用いた透明導電膜は、透光性電極の保護膜としてだけでなく、n型用周縁電極として用いることができるため、一度の成膜とエッチングで、透光性電極上の保護膜とn型用周縁電極を形成することができる。製造工程を簡略化することができる。

【0031】また、透光性電極26の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接したp型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されている

ことにより、透光性電極が大气にさらされることがないため、通電試験をしても、大气との反応が原因と考えられるPd劣化が発生せず、かつ、n型用周縁電極がp型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。

【0032】さらに、発光層から基板裏面側に放射された光は基板裏面で反射され、素子の表面側に戻るが、n型用周縁電極が透明導電膜から成るため、図1中の矢印のような進行方向に進んだ光を遮ることなく外部に取り出すことができるため、外部量子効率の優れた発光素子を作製することができた。

【0033】本実施例では、透光性の金属薄膜としてPdを用いたが、p層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0034】又、本実施例では透明導電膜としてITOを用いたが、このほかに亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)、ガリウム(Ga)、鉛(Pb)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0035】又、本実施例では発光層をGaNから成るバリア層と、InGaNから成る井戸層で構成された多重量子井戸としたが、単層量子井戸でもよく、また、AlGaInN、GaNAsやGaNpなど任意の4元または3元混晶を用いてもよい。

【0036】又、n型半導体層22はシリコンドープのGaNとしたが、シリコンドープのInGaN等でもよく、p型コンタクト層25はMgドープGaNとしたが、MgドープInGaN等を用いてもよい。

【0037】又、本実施例では基板にはサファイアを用いたが、Si基板やGaAs基板などを用いても良い。

【0038】（実施例2）図3は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、20はサファイア基板、21はバッファ層、22はn型半導体層、23は発光層、24はp型クラッド層、25はp型コンタクト層、26は透光性電極、27A、27Bは透明導電膜、28はp型用パッド電極、29はn型用パッド電極である。

【0039】上記第1実施例では透明導電膜によるn型用周縁電極を形成してから、n型用パッド電極を形成したが、本実施例では、n型用パッド電極を形成し、その上に透明導電膜を形成する。また、n型用パッド電極とp用パッド電極を同時に形成することを特徴とする。

【0040】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。p型コンタクト層25上に金属薄膜から成る透光性電極として、Pdを3nmの膜厚で蒸着するところまでは第1実施例と同様である。

【0041】次に、発光領域を形成するためにフォトレ



ジストを塗布し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分の透光性電極を塩酸系のエッチング液で除去することにより発光パターンを形成する。

【0042】次に、レジストをドライエッチング用のマスクとして用い、ドライエッチング法によりn型半導体層22表面が露出するまでエッチングを行う。

【0043】次に、p型用パッド電極28とn型用パッド電極29を同時に形成するために、フォトレジストを一様に塗布して、そのパッド電極の形成部分のフォトレジストに窓を開ける。次に、Au/Pdを1μm程度の膜厚で蒸着により成膜させ、リフトオフ法により、フォトレジスト上のAu/Pd膜を除去して、p型用パッド電極28とn型用パッド電極29を形成する。

【0044】次に、全面に透明導電膜27としてITOをスパッタ法により基板温度250℃で0.1μm厚形成する。この透明導電膜をフォトエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによってp型用パッド電極上に窓部を開けAu表面を露出させると共に、透光性電極26上の透明導電膜27Aとn型用周縁電極としての透明導電膜27Bを形成し、さらにn型用パッド電極27Bの表面の一部を露出させる。透明導電膜27Aの形成領域は、前記透光性電極26の表面上のみならず、側面さらには透光性電極26が形成されていないp型コンタクト層25表面上にも透光性電極26の側面から幅約5μmを覆うように連続的に形成する。n型用周縁電極としての透明導電膜27Bはp型層の周囲に幅20μmで形成する。

【0045】次に、基板を研削、研磨により約100μmの厚さにして、350μm□に分割し、p型用パッド電極28及び、n型用パッド電極29にAuワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図ではAuワイヤーは省略してある。

【0046】図4は、このようにして作製した発光素子をp層の電極側から見た模式的平面図である。

【0047】この透明導電膜は透光性電極の保護膜としてだけでなく、n型用周縁電極として用いることができるため、一度の成膜とエッチングで、透光性電極上の保護膜とn型用周縁電極を形成することができ、製造工程を簡略化することができる。

【0048】本実施例では、p型用パッド電極28とn型用パッド電極29を一度の蒸着により形成したため、さらに製造工程を簡略化することができた。

【0049】ここで、n型用周縁電極の透明導電膜27Bはn型用パッド電極の上に形成されており、パッドの剥がれ防止にもなり、パッドの剥がれが減少した。

【0050】また、透光性電極の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接したp型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気さらされることがないため、通電試験をしても、大気との反応が原因と考えられ

るPd劣化が発生せず、かつ、n型用周縁電極がp型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。さらに、n型用周縁電極は透明導電膜から成るため、発生した光を遮ることなく外部に取り出すことができるため、外部量子効率の優れた発光素子を作製することができた。

【0051】本実施例では、透光性電極としてPdを用いたが、p層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0052】又、本実施例では透明導電膜としてITOを用いたが、このほかに亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)、ガリウム(Ga)、鉛(Pb)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0053】又、本実施例では基板にはサファイアを用いたが、Si基板やGaAs基板などを用いても良い。

【0054】(実施例3) 図5は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、20はサファイア基板、21はバッファ層、22はn型半導体層、23は発光層、24はp型クラッド層、25はp型コンタクト層、26は透光性電極、27A、27Bは透明導電膜、28はp型用パッド電極、29はn型用パッド電極、30はn型用オーミック性金属薄膜である。

【0055】前記第1実施例ではp型層の周囲を囲むように形成した、n型半導体層上の電極は透明導電膜のみであったが、本実施例では、n型半導体層と透明導電膜の間に、n型半導体層にオーミック接触する金属薄膜を形成したことを特徴とする。

【0056】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。ドライエッチング法によりn型半導体層22表面が露出するまでエッチングを行うところまでは第1実施例と同様である。

【0057】n型半導体層22と透明導電膜27Bの間に、n型半導体層にオーミック接触する金属薄膜を形成するために、フォトレジストを一様に塗布して、その金属薄膜の形成部分のフォトレジストに窓を開ける。次に、Hfを3nm蒸着し、その上にAlを10nm蒸着し、リフトオフ法により、フォトレジスト上のAl/Hf膜を除去して、幅10μmのn型用オーム性金属薄膜30を形成する。前記Al/Hf膜の熱処理を、真空中で500℃で3分間行う。

【0058】次に、全面に透明導電膜27としてITOをスパッタ法により基板温度250℃で0.1μm厚形成する。透明導電膜をフォトエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによってp型用パッド電極28上に窓部を開けAu表面を露出させると共に、透光性電極26上部の透明導電膜27Aとn型用周

緑電極としての透明導電膜 27B を形成する。

【0059】透明導電膜 27A の形成領域は、前記透光性電極 26 の表面上のみならず、側面さらには透光性電極 26 が形成されていない p 型コンタクト層 25 表面上にも透光性電極 26 の側面から幅約 5  $\mu$ m を覆うように連続的に形成する。

【0060】n 型用周縁電極としての透明導電膜 27B は p 型層の周囲に形成した Al/Hf を覆うように、幅 20  $\mu$ m で形成する。

【0061】次に、非オーミック性 n 型用パッド電極 29 として 0.5  $\mu$ m 厚の Au/Pd を蒸着により形成する。

【0062】次に、基板を研削、研磨により約 100  $\mu$ m の厚さにして、350  $\mu$ m $\square$ に分割し、p 型用パッド電極 28 及び、n 型用パッド電極 29 に Au ワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図では Au ワイヤーは省略してある。図 6 は、このようにして作製した発光素子を p 層の電極側から見た模式的平面図である。

【0063】この透明導電膜は透光性電極の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接した p 型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気にさらされることがないため、通電試験をしても、大気との反応が原因と考えられる Pd 劣化が発生せず、かつ、n 型用周縁電極が p 型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。

【0064】また、周囲に形成された n 型用周縁電極が n 型層とオーミック性の良好な Al/Hf 金属薄膜とそれを覆う ITO から成るため、Al/Hf により低接触抵抗にでき、かつ Al/Hf 金属薄膜は ITO によって保護されているため、低駆動電圧で信頼性の高い発光素子を作製することができた。

【0065】さらに、周囲に形成した n 型用周縁電極は透明導電膜で保護されているため、金属薄膜が透光性になるほど薄く形成しても剥がれ等の問題が発生せず、発生した光を遮ることがないため、外部量子効率が良好で信頼性が良好な発光素子を作製できた。

【0066】本実施例では、透光性の金属薄膜として Pd を用いたが、p 型層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0067】又、本実施例では透明導電膜として ITO を用いたが、このほかに亜鉛 (Zn)、インジウム (In)、スズ (Sn)、マグネシウム (Mg)、カドミウム (Cd)、ガリウム (Ga)、鉛 (Pb) よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0068】又、本実施例では n 型用オーミック性金属薄膜

として、Al/Hf を用いているが、n 型層にオーミック接触する金属または合金の単層または多層膜を用いることができる。

【0069】又、本実施例では基板にはサファイアを用いたが、Si 基板や GaN 基板などを用いても良い。

【0070】(実施例 4) 図 7 は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、20 はサファイア基板、21 はバッファ層、22 は n 型半導体層、23 は発光層、24 は p 型クラッド層、25 は p 型コンタクト層、26 は透光性電極、27A、27B は透明導電膜、28 は p 型用パッド電極、29 は n 型用パッド電極、30 は n 型用オーミック性金属薄膜である。

【0071】前記第 3 実施例では n 型用オーミック性金属薄膜を p 型層を囲むように形成したが、本実施例では、n 型用オーミック性金属薄膜を素子の角部分の四箇所のみに形成することを特徴とする。

【0072】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。ドライエッチング法により n 型半導体層 22 表面が露出するまでエッチングを行うところまでは第 3 実施例と同様である。

【0073】n 型半導体層と透明導電膜の間のうち、素子の角部分の四箇所に、n 型用オーミック性金属薄膜を形成するために、フォトリソを一樣に塗布して、その金属薄膜の形成部分のフォトリソに窓を開ける。次に、Hf (10 nm) を蒸着により成膜させ、リフトオフ法により、フォトリソ上の Hf 膜を除去して、幅 10  $\mu$ m の n 型用オーミック性金属薄膜 30 を形成する。

【0074】次に、n 型用パッド電極 29 として Au/Pd を蒸着により形成する。次に、全面に透明導電膜 27 として ITO をスパッタ法により基板温度 250  $^{\circ}$ C で 0.5  $\mu$ m 厚形成する。

【0075】透明導電膜をフォトエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによって p 型用パッド電極上に窓部を開け Au 表面を露出させると共に、透光性電極 26 上部の透明導電膜 27A と n 型用周縁電極としての透明導電膜 27B を形成する。

【0076】透明導電膜 27A の形成領域は、前記透光性電極 26 の表面上のみならず、側面さらには透光性電極 26 が形成されていない p 型コンタクト層 25 表面上にも透光性電極 26 の側面から幅約 5  $\mu$ m を覆うように連続的に形成する。

【0077】n 型用周縁電極としての透明導電膜 27B は n 型用オーミック性金属薄膜 Hf を覆うように、幅 20  $\mu$ m で形成する。

【0078】次に、基板を研削、研磨により約 100  $\mu$ m の厚さにして、350  $\mu$ m $\square$ に分割し、p 型用パッド電極 28 及び、n 型用パッド電極 29 に Au ワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図では A



uワイヤーは省略してある。図8は、このようにして作製した発光素子をp層の電極側から見た模式的平面図である。

【0079】この透明導電膜は透光性電極の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接したp型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気に晒されることがないため、通電試験をしても、大気との反応が原因と考えられるPd劣化が発生せず、かつ、n型用周縁電極がp型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。

【0080】また、n型用周縁電極がn型層とオーム性の良好なHf金属薄膜とITOから成るため、低接触抵抗にでき、Hf金属薄膜はITOによって保護されているため、低駆動電圧で信頼性の高い発光素子を作製することができた。

【0081】また、n型用オーム性電極は一部分にしか形成されていないため、発生した光をほとんど遮らず、外部量子効率の良好な発光素子を作製することができた。

【0082】本実施例では、透光性の金属薄膜としてPdを用いたが、p層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0083】又、本実施例では透明導電膜としてITOを用いたが、このほかに亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)、ガリウム(Ga)、鉛(Pb)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0084】又、本実施例ではn型用オーム性金属薄膜として、Hfを用いているが、n型半導体層にオーミック接触する金属または合金の単層または多層膜を用いることができる。

【0085】又、本実施例では基板にはサファイアを用いたが、Si基板やGaN基板などを用いても良い。

【0086】(実施例5) 図9は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、20はサファイア基板、21はバッファ層、22はn型半導体層、23は発光層、24はp型クラッド層、25はp型コンタクト層、26は透光性電極、27A、27Bは透明導電膜、28はp型用パッド電極、29はn型用パッド電極である。

【0087】前記第1実施例ではn型電極用の透明導電膜がn型半導体層22の側面に接触しないように、n型半導体層上に透明導電膜が形成されていない領域が設けられているが、本実施例では、透明導電膜をn型半導体層側面に接するように形成したことを特徴とする。

【0088】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。

透光性電極26をエッチングして発光パターンを形成するところまでは第1実施例と同様である。

【0089】次に、レジストをドライエッチング用のマスクとして用い、ドライエッチング法によりn型半導体層22表面が露出するまでエッチングを行う。このとき、n型半導体層22は0.5μm以上エッチングする。

【0090】次に、全面に透明導電膜27としてITOをスパッタ法により基板温度250℃で0.1μm厚形成する。この透明導電膜をフォトリソエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによってp型用パッド電極上に窓部を開けAu表面を露出させると共に、透光性電極26上部の透明導電膜27Aとn型用周縁電極としての透明導電膜27Bを形成する。

【0091】透明導電膜27Aの形成領域は、前記透光性電極26の表面上のみならず、側面さらには透光性電極26が形成されていないp型コンタクト層25表面上にも透光性電極26の側面から幅約5μmを覆うように連続的に形成する。n型用周縁電極としての透明導電膜27Bはn型半導体層の側面に接するように周囲に幅10μmで形成する。

【0092】ここで、n型半導体層は0.5μm以上エッチングされているので、0.1μmのITOをn型半導体層の側面に接するように形成してもp型層やp型用透光性電極26に接することはない。さらに、ITOは波長が紫外から赤外の領域において透明であるため、側面のITOによって発光層の光は遮られず、より光取り出し効率が向上する。

【0093】次に、n型用パッド電極としてAu(500nm)/Pd(15nm)を蒸着により形成する。

【0094】次に、基板を研削、研磨により約100μmの厚さにして、350μm□に分割し、p型用パッド電極28及び、n型用パッド電極29にAuワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図ではAuワイヤーは省略してある。図10は、このようにして作製した発光素子をp層の電極側から見た模式的平面図である。

【0095】この透明導電膜は透光性電極の保護膜としてだけでなく、n型用周縁電極として用いることができるため、一度の成膜とエッチングで、透光性電極上の保護膜とn型用周縁電極を形成することができ、製造工程を簡略化することができる。また、透光性電極の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接したp型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気にさらされることがないため、通電試験をしても、大気との反応が原因と考えられるPd劣化が発生せず、かつ、n型用電極がp型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。

【0096】さらに、n型用周縁電極は透明導電膜から成るため、発生した光を遮ることなく外部に取り出すことができるため、外部量子効率の優れた発光素子を作製することができた。また、n型用周縁電極としての透明導電膜をn型半導体層の側面に接するように形成することにより、n型半導体層での横方向の抵抗を減少させることができ、よってさらに低駆動電圧にできた。

【0097】本実施例では、透光性の金属薄膜としてPdを用いたが、p層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0098】又、本実施例では透明導電膜としてITOを用いたが、このほかに亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)、ガリウム(Ga)、鉛(Pb)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0099】又、本実施例では基板にはサファイアを用いたが、Si基板やGaN基板などを用いても良い。

【0100】(実施例6)図11は、本発明の一実施例によって作製された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図で、31はSi基板、32はDBR層、21はバッファ層、22はn型半導体層、23は発光層、24はp型クラッド層、25はp型コンタクト層、26は透光性電極、27A、27Bは透明導電膜、28はp型用パッド電極、29はn型用パッド電極である。

【0101】本発明の電極作製工程を詳細に説明する。

【0102】Si基板31上に、バッファ層21を形成し、その上にシリコンドープのGaNから成るn型半導体層22を形成する。その上に、AlGaNとGaNからなるDBR層32を形成する。そして、このn型半導体層22の上にGaNから成るバリア層と、InGaNから成る井戸層で構成された多重量子井戸の発光層23を積層形成する。発光層23の上にはMgドープAlGaNから成るp型クラッド層24を形成する。クラッド層の上にはMgドープGaNから成るp型コンタクト層25を順次積層する。p型コンタクト層25上に金属薄膜から成る透光性電極26として、Pdを2nmの膜厚で蒸着する。

【0103】p型用パッド電極28としてAu500nm/Pd15nmをメタルマスクを用いて蒸着により形成する。

【0104】次に、発光領域を形成するためにフォトリジストを塗布し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分の透光性電極を塩酸系のエッチング液で除去することにより発光パターンを形成する。レジストをドライエッチング用のマスクとして用い、ドライエッチング法(ここではRIE:反応性イオンエッチングを用いた)によりn型半導体層22表面が露出するまでエッチングを行う。

【0105】次に、全面に透明導電膜27としてITOをスパッタ法により基板温度250℃で0.1μm厚形成する。この透明導電膜をフォトリソエッチング工程により、塩化鉄系の溶液にてエッチングすることによってp型用パッド電極上に窓部を開けAu表面を露出させると共に、透光性電極26上の透明導電膜27Aとn型用周縁電極としての透明導電膜27Bを形成する。

【0106】透明導電膜27Aの形成領域は、前記透光性電極26の表面上のみならず、側面さらには透光性電極26が形成されていないp型コンタクト層25表面上にも透光性電極26の側面から幅約5μmを覆うように連続的に形成する。n型用周縁電極としての透明導電膜27Bはp型層の周囲に幅10μmで形成する。

【0107】次に、非オーミック性n型用パッド電極29としてAu(500nm)/Pd(15nm)を蒸着により形成する。

【0108】次に、基板を研削、研磨により約100μmの厚さにして、350μm□に分割し、p型用パッド電極28及び、n型用パッド電極29にAuワイヤーをボンディングすることにより素子を作製した。図ではAuワイヤーは省略してある。図12は、このようにして作製した発光素子をp層の電極側から見た模式的平面図である。

【0109】この透明導電膜は透光性電極の保護膜としてだけでなく、n型用周縁電極として用いることができるため、一度の成膜とエッチングで、透光性電極上の保護膜とn型用周縁電極を形成することができ、製造工程を簡略化することができる。また、透光性電極の表面だけでなく、その側面および該透光性電極に近接したp型コンタクト層表面の一部にも連続的に透明導電膜が形成されていることにより、透光性電極が大気にさらされることがないため、通電試験をしても、大気との反応が原因と考えられるPd劣化が発生せず、かつ、n型用周縁電極がp型用電極の周囲に形成されていることにより、電流密度が均一となるため、発光パターンが均一になり、さらに、発光素子の信頼性を向上することができた。

【0110】また、Si基板は青色光を一部吸収してしまう性質があるためAlGaNとGaNから成るDBR層を設けたが、この層は非常に高抵抗であるため、導電性基板を用いても、上下で電極を形成するよりも、片面にn型用とp型用の両電極を形成する構造が有効である。この構造では、DBR層を設けたことにより、発光層から基板側に放射された光は、DBR層で効率よく反射され、さらに、n型用周縁電極は透明導電膜から成るため、反射した光を遮ることなく外部に取り出すことができるため、外部量子効率の優れた発光素子を作製することができた。

【0111】本実施例では、透光性の金属薄膜としてPdを用いたが、p層の電極となる金属で透光性の薄膜を

形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0112】又、本実施例では透明導電膜としてITOを用いたが、このほかに亜鉛（Zn）、インジウム（In）、スズ（Sn）、マグネシウム（Mg）、カドミウム（Cd）、ガリウム（Ga）、鉛（Pb）よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物等が利用可能である。

【0113】又、本実施例では発光層をGaNから成るバリア層と、InGaNから成る井戸層で構成された多重量子井戸としたが、単層量子井戸でもよく、また、AlGaInN、GaNAsやGaN<sub>x</sub>Pなど任意の4元または3元混晶を用いてもよい。

【0114】又、n型半導体層22はシリコンドープのGaNとしたが、シリコンドープのInGaN等でもよく、p型コンタクト層25はMgドープGaNとしたが、MgドープInGaN等を用いてもよい。

【0115】上記各実施例ではそれぞれ、透明導電膜やその膜厚、金属薄膜やその膜厚等を上記の特定のものとしたが、本発明はこれに限定されるものではなく、透明導電膜の材料としては、亜鉛（Zn）、インジウム（In）、スズ（Sn）、マグネシウム（Mg）、カドミウム（Cd）、ガリウム（Ga）、鉛（Pb）よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物が好ましい。

【0116】酸化物を含む透明導電膜には数々の種類があるが、特に好ましくは、ZnO、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ITO（InとSnの酸化物）、MgO等で抵抗の低い透明導電膜を形成することが望ましい。透明導電膜の形成には、蒸着法、スパッタ法、CVD法等を用いて形成する。

【0117】本発明の第2導電型層の周囲に形成された第1導電型層上の周縁電極の幅は5μmから100μmの範囲が好ましい。前記幅が5μmより小さいと形成が困難となり、前記幅が100μmより大きいと電極面積が大きくなり発生光を低減させ、さらに前記電極面積が大きいと1チップ自体の面積が大きくなり生産性がよくない。このために、前記第1導電型層上の電極の幅は5μmから100μmの範囲が好ましい。電極の幅は一樣ではなく、前記電極の幅は、前記範囲内であれば、幅の広いところと狭いところが混在してもよいことはいふまでもない。

【0118】なお、本願の周縁電極とは必ずしも全周である必要はなく、一部欠けた部分がある場合も含む。

【0119】又、第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面の透光性電極がPdを含むことにより良好なオーミック特性が得られ、低駆動電圧の発光素子が作製できる。前記透光性電極の膜厚は2nmから20nmの範囲が好ましい。前記膜厚が2nmよりも薄いと、良好なオーミック接触が得られず、素子の駆動電圧が大きくな

ってしまい、前記膜厚が20nmよりも厚いと光の透過率が低下してしまい、素子の外部量子効率が低下してしまう。このために、前記透光性電極の膜厚は2nmから20nmの範囲が好ましい。

【0120】前記透明導電膜の厚さtは0.1μm≦t≦30μmであることが好ましい。周縁電極の一部欠損による断線などを防ぐには、透明導電膜の厚さtは、0.1μm以上が好ましく、また、透光性電極の側面を十分に保護するためには0.1μm以上が好ましい。さらに透過率を低下させないためには透明導電膜の厚さtは30μm以下が好ましい。

【0121】透明導電膜の膜厚を0.1μm以下にすると、周縁電極が一部欠損して、断線などが生じ、素子の製造歩留まりが低下する。また、透明導電膜の膜厚が0.1μm以下になると、シート抵抗が大きくなり、第2導電型用電極の電流拡散層として用いた場合に素子の駆動電圧が上昇してしまう。また、透明導電膜の膜厚を30μm以上にすると透明導電膜内での光の吸収が大きくなり、結果として電極での光の透過率が低下してしまう。よって、透明導電膜の膜厚は0.1μm以上、30μm以下にすることが好ましい。

【0122】前記透明導電膜が、前記第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層表面を覆う領域幅Wは、5μm≦W、であることが好ましい。前記領域幅Wの範囲は、大気との反応が原因と考えられるPd劣化の発生領域を見てみると5μm以下の領域で発生しているために、少なくとも前記領域幅Wは5μm以上あれば、好ましい。

【0123】前記第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上に形成された第1導電型用パッド電極は、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層と非オーミック性接触であり、例えば、Pd/Au、Ni/Au、Pt/Au等から形成されていることが好ましい。ここで、前記パッド電極は、第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層に対して、非オーミック接触であるために、前記パッド電極下から第1導電型窒化ガリウム系化合物半導体層に電流が注入されない。そのため、前記パッド電極と第2導電型窒化ガリウム系化合物半導体層上の透光性電極の最短距離部分に電流が集中せず、前記透光性電極と第2導電型層の周囲に形成された第1導電型用周縁電極との間に均一に電流が流れ、より均一な発光パターンが得られることにより、信頼性が向上する。

【0124】

【発明の効果】本発明によれば、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、透光性電極の側面およびp型窒化ガリウム系化合物半導体層表面領域の一部に透明導電体を形成することにより、透光性電極の側面およびp型窒化ガリウム系化合物半導体層表面上で発生していた盛り上がりや発光部の暗部がなくなり、発光素子の外部発光効率を減少させることなく、均一な発光パターンが得られる。さらに、p型用電極と同一面上の周囲に形成

されたn型用電極が、透光性でありさらにオーミック接触である金属薄膜層または酸化物半導体層、それらの積層体からなる構成を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、その発光素子の外部発光効率を向上させ、順方向電圧も低減でき、信頼性の優れた発光素子が得れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図である。

【図2】実施例1の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図3】実施例2の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図である。

【図4】実施例2の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図5】実施例3の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図である。

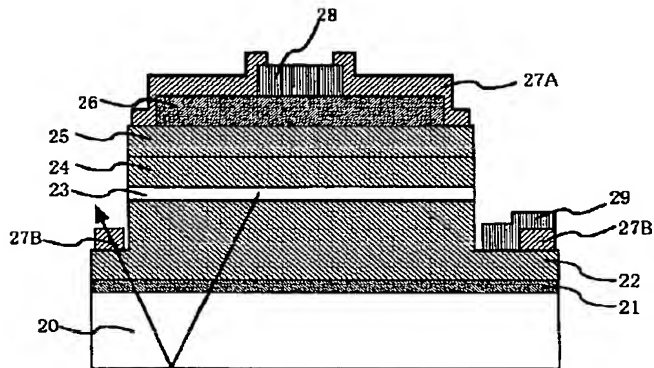
【図6】実施例3の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図7】実施例4の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図である。

【図8】実施例4の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図9】実施例5の窒化ガリウム系化合物半導体発光素

【図1】



子の断面構造図である。

【図10】実施例5の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図11】実施例6の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の断面構造図である。

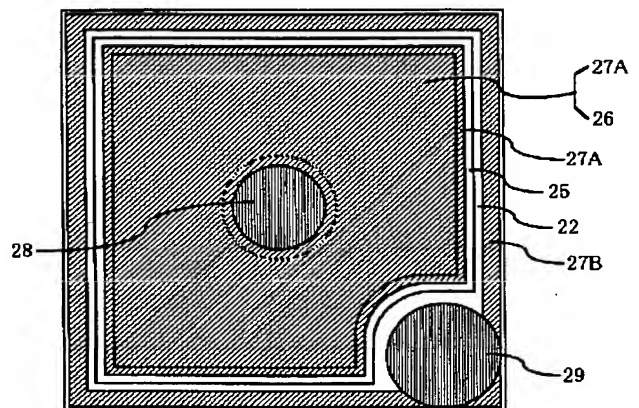
【図12】実施例6の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp型層の電極側から見た模式的平面図である。

【図13】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の模式図である。

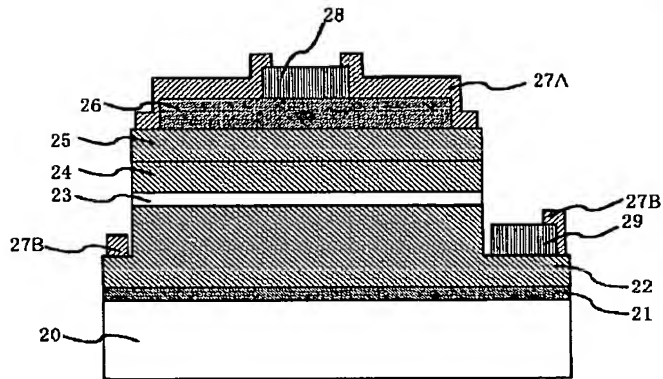
【符号の説明】

20	サファイア基板
21	バッファ層
22	n型半導体層
23	発光層
24	p型クラッド層
25	p型コンタクト層
26	透光性電極
27A	透明導電膜
27B	透明導電膜
28	p型用パッド電極
29	n型用パッド電極
30	n型用オーミック性金属薄膜
31	Si基板
32	DBR層

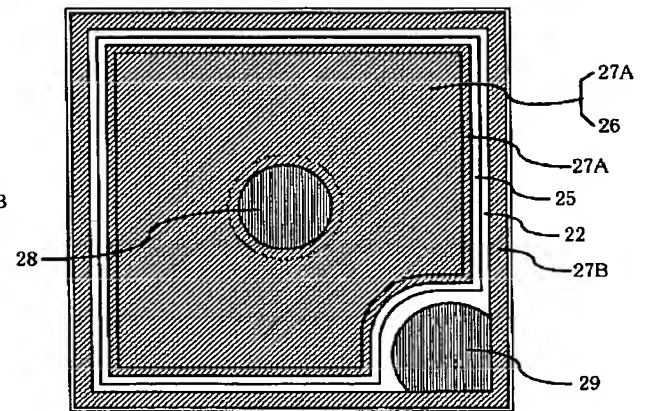
【図2】



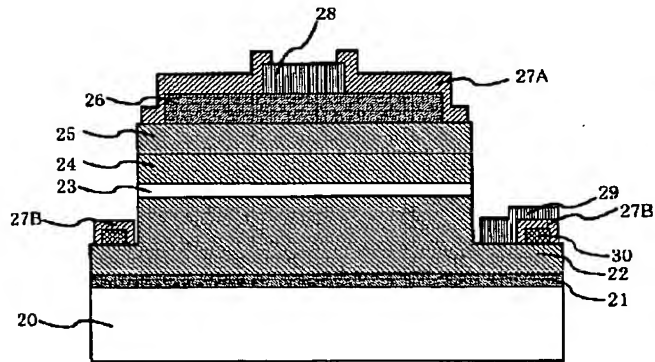
【図 3】



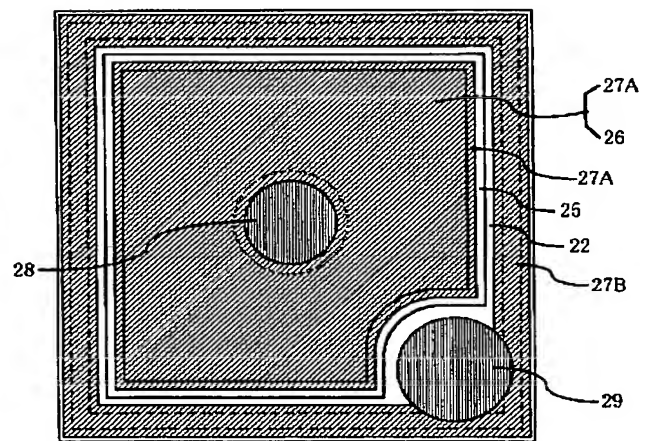
【図 4】



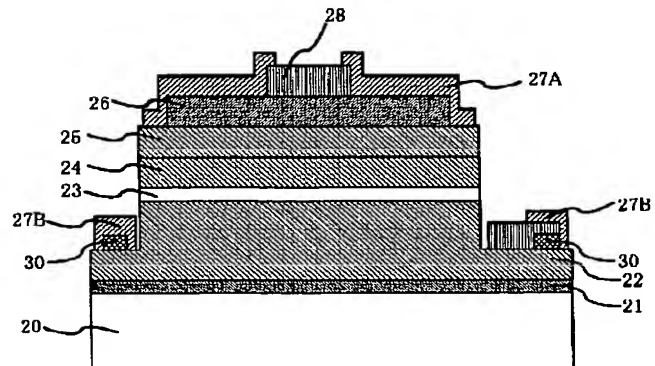
【図 5】



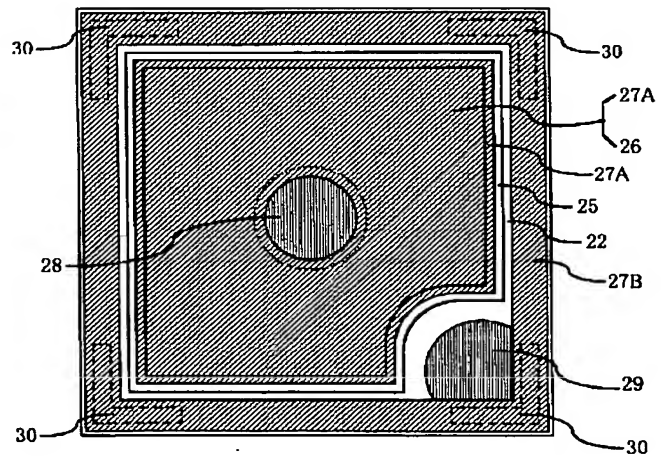
【図 6】



【図 7】

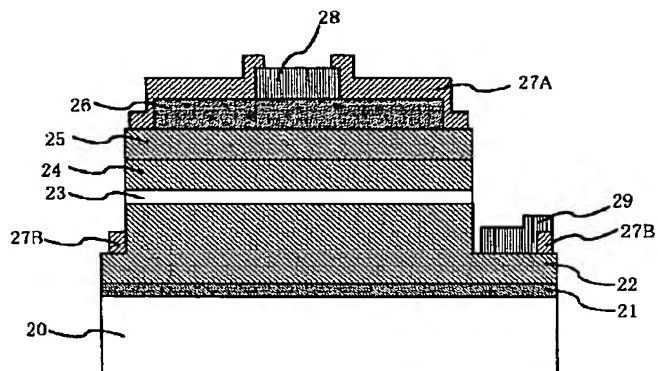


【図 8】

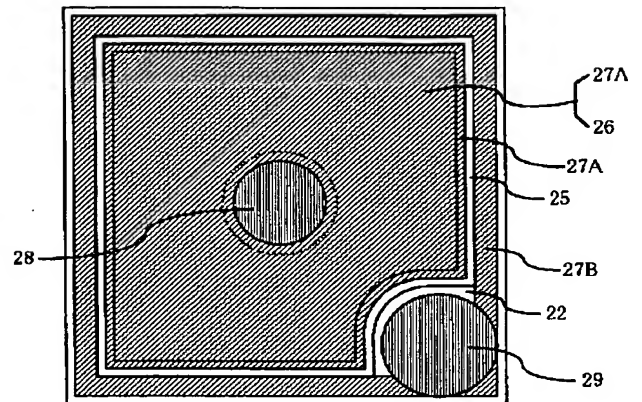




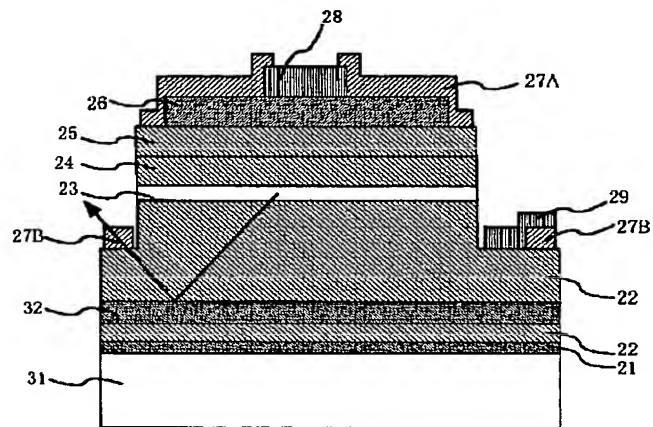
【図 9】



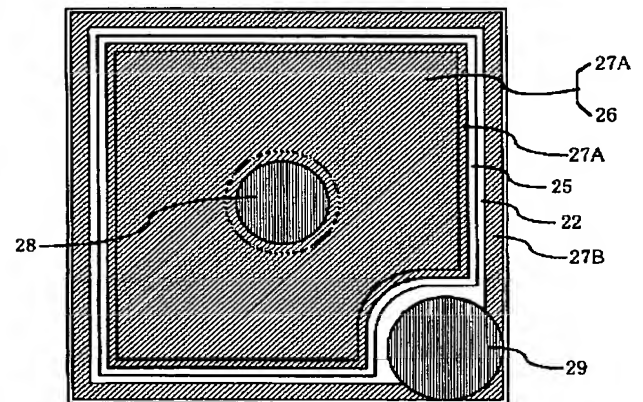
【図 10】



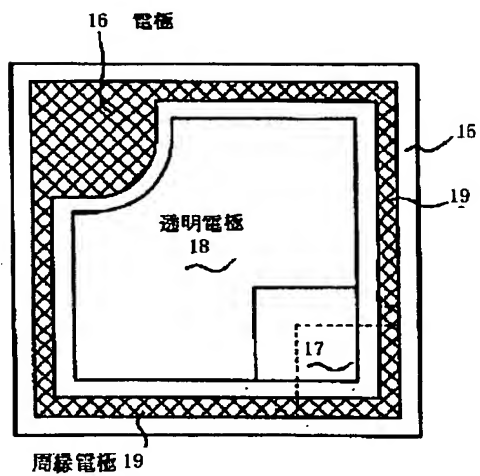
【図 11】



【図 12】



【図 13】





フロントページの続き

(72)発明者 辰巳 正毅  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 木村 大覚  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

F ターム(参考) 5F041 AA03 CA05 CA34 CA40 CA46  
CA73 CA74 CA83 CA88 CA92  
CA93 CA98  
5H032 AS16 EE07